

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-345835  
(P2000-345835A)

(43) 公開日 平成12年12月12日 (2000. 12. 12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード (参考)
F 0 1 N 5/02		F 0 1 N 5/02	F 3 G 0 8 1
			G
F 0 1 K 23/02		F 0 1 K 23/02	P
23/08		23/08	P
23/10		23/10	P
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平11-159112

(22) 出願日 平成11年6月7日 (1999. 6. 7)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 田崎 豊

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(74) 代理人 100075513

弁理士 後藤 政喜 (外1名)

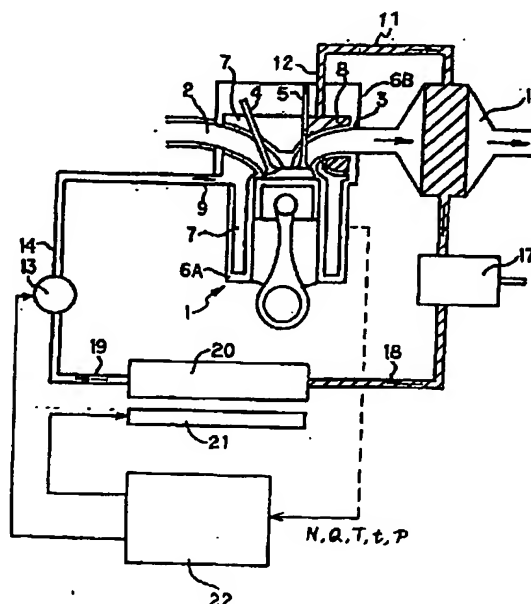
Fターム (参考) 3G081 BA02 BA20 BB00 BC07 DA04  
DA06 DA07

(54) 【発明の名称】 内燃機関

(57) 【要約】

【課題】 機関冷却系の冷媒蒸気を排気により加熱してタービンを駆動する廃熱回収装置を備えた内燃機関において、冷却経路内の内圧ないし温度を運転状態に応じて最適制御することにより熱効率を向上させる。

【解決手段】 内燃機関1の回転数Nと負荷Qとに基づいてNまたはQが増大するほど低圧化する特性で冷却経路の内圧目標値を設定し、実際の内圧が目標値に一致するように冷媒循環用ポンプ13の吐出量等を制御することにより機関温度を許容限界付近に維持する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】ポンプにより冷媒を循環させる密閉された冷却経路の途中に、機関燃焼熱で加熱された冷媒の飽和蒸気を機関排気で過熱する過熱器と、この過熱器で過熱された冷媒の有する熱エネルギーを機械的エネルギーに変換するタービンと、タービンからの冷媒を冷却して液化するコンデンサとを備える内燃機関において、前記冷却経路の内圧を加減する圧力調整装置と、機関運転状態を検出し該検出運転状態に応じて予め定めた内圧となるように前記圧力調整装置を制御する内圧制御装置とを備えたことを特徴とする内燃機関。

【請求項2】圧力調整装置は、冷却経路の途中に設けた可変容量のポンプを含む請求項1に記載の内燃機関。

【請求項3】圧力調整装置は、コンデンサを強制冷却するファン装置を備え、ポンプの吐出流量に対するコンデンサでの凝縮冷媒量を前記ファン装置による放熱量に基づき制御することにより冷却経路の内圧を変化させるようにした請求項1または請求項2に記載の内燃機関。

【請求項4】圧力調整装置は、内燃機関とコンデンサとを過熱器を迂回して連通するバイパス経路と、このバイパス経路の開度を制御する蒸気圧制御弁とを備える請求項1に記載の内燃機関。

【請求項5】内圧制御装置は、機関運転状態として負荷Qと回転数Nとを検出し、これらQとNとに応じて予め割り当てた内圧となるように圧力調整装置を制御する請求項1に記載の内燃機関。

【請求項6】内圧制御装置は、機関運転状態として燃焼室壁温度の代表値を検出し、該検出温度に応じて予め割り当てた内圧となるように圧力調整装置を制御する請求項1に記載の内燃機関。

【請求項7】冷却経路に連通するリザーバタンクと、このリザーバタンクと冷却経路との間で液相冷媒を移動させるポンプと、リザーバタンクと冷却経路との間の連通を遮断する弁装置と、機関温度に応じて前記ポンプおよび弁装置を駆動して冷却経路内の冷媒量を制御する冷媒量制御装置とを備え、

前記冷媒量制御装置は、機関温度が基準値以下の機関停止時には、弁装置を開くと共にポンプにより冷却経路内の液相冷媒をリザーバタンクへと移動させその後ポンプを停止させると共に弁装置を閉ざし、始動後に機関温度が基準値を超えたときには、弁装置を開くと共にポンプによりリザーバタンクの液相冷媒を冷却経路へと戻しその後ポンプを停止させると共に弁装置を閉ざすように構成した請求項1に記載の内燃機関。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は廃熱回収装置を備えた内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術と解決すべき課題】内燃機関の水冷冷却系

統を密閉構造とし、冷却に伴って発生した気化冷媒をさらに排気により過熱して高温化し、この高温蒸気によりタービンを駆動して機関出力を補助することにより高効率を得られるようにした廃熱回収装置が知られている

（この種の内燃機関の公知文献として例えば特開平6-88523号公報を参照）。

【0003】しかしながら、従来は冷却系統の内圧を運転状態によらず一定としていたため、広範な運転域において機関各部、特に燃焼室周辺部位の耐熱性能を満足させつつタービン仕事を十分に引き出すことができなかった。また、このように冷却装置の特性が固定化されたものであるため、高負荷運転域では放熱量が相対的に不足して充填効率が低下し、あるいは低温始動および暖機時には放熱過多となって暖機完了に時間がかかるという問題があった。

【0004】本発明はこのような問題点を解消することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決するために、請求項1の発明は、ポンプにより冷媒を循環させる密閉された冷却経路の途中に、機関燃焼熱で加熱された冷媒の飽和蒸気を機関排気で過熱する過熱器と、この過熱器で過熱された冷媒の有する熱エネルギーを機械的エネルギーに変換するタービンと、タービンからの冷媒を冷却して液化するコンデンサとを備える内燃機関において、前記冷却経路の内圧を加減する圧力調整装置と、機関運転状態を検出し該検出運転状態に応じて予め定めた内圧となるように前記圧力調整装置を制御する内圧制御装置とを備えた。

【0006】請求項2の発明は、上記請求項1の発明の圧力調整装置を、冷却経路の途中に設けた可変容量の電動ポンプを含むものとした。

【0007】請求項3の発明は、上記各発明の圧力調整装置として、コンデンサを強制冷却するファン装置を備え、電動ポンプの吐出流量に対するコンデンサでの凝縮冷媒量を前記ファン装置による放熱量に基づき制御することにより冷却経路の内圧を変化させるようにした。

【0008】請求項4の発明は、上記請求項1の発明の圧力調整装置を、内燃機関とコンデンサとを過熱器を迂回して連通するバイパス経路と、このバイパス経路の開度を制御する蒸気圧制御弁とを備えるものとした。

【0009】請求項5の発明は、上記請求項1の発明の内圧制御装置を、機関運転状態として負荷Qと回転数Nとを検出し、これらQとNとに応じて予め割り当てた内圧となるように圧力調整装置を制御するものとした。

【0010】請求項6の発明は、上記請求項1の発明の内圧制御装置を、機関運転状態として燃焼室壁温度の代表値を検出し、該検出温度に応じて予め割り当てた内圧となるように圧力調整装置を制御するものとした。

【0011】請求項7の発明は、上記請求項1の発明に

において、冷却経路に連通するリザーバタンクと、このリザーバタンクと冷却経路との間で液相冷媒を移動させるポンプと、リザーバタンクと冷却経路との間の連通を遮断する弁装置と、機関温度に応じて前記ポンプおよび弁装置を駆動して冷却経路内の冷媒量を制御する冷媒量制御装置とを備え、前記冷媒量制御装置を、機関温度が基準値以下の機関停止時には、弁装置を開くと共にポンプにより冷却経路内の液相冷媒をリザーバタンクへと移動させその後ポンプを停止させると共に弁装置を閉ざし、始動後に機関温度が基準値を超えたときには、弁装置を開くと共にポンプによりリザーバタンクの液相冷媒を冷却経路へと戻しその後ポンプを停止させると共に弁装置を閉ざすように構成した。

【0012】

【作用・効果】上記請求項1以下の各発明において、冷却経路の内部に密封された液相の冷媒は内燃機関の燃焼熱を受けて一部が気化し、気相となってタービンへ向かう。その途中、気相冷媒は過熱器により内燃機関の排気熱を受けて高温化してタービンに流入し、タービンを効率よく駆動する。タービンを通過して低温化した冷媒はコンデンサにて冷却液化して液相となり、ポンプにより内燃機関へと循環させられる。

【0013】本発明では、このような冷却サイクルの間に機関運転状態に応じて冷却経路の内圧を調整でき、例えば高負荷運転時には内圧を低下させることにより燃焼室壁温度を下げて過熱防止を図るとともに吸気充填率を高めて出力性能を改善することができる。また、始動時や低負荷時には冷却経路の内圧を上昇させることにより燃焼室壁温度の上昇を促し、暖機の促進及び効率の改善を図ることができる。運転状態によらず燃焼室壁温度を耐久性が許容する限界付近に維持すれば、それだけ機関自体の効率が高められるだけでなく、排気温度も上昇するのでタービンに流入する気相冷媒の過熱も効果的に行われてタービンの効率も向上し、それぞれの相乗効果で全体的な熱効率を十分に高めることができる。

【0014】冷却経路の圧力調整装置としては、例えば請求項2の発明として示したように冷却経路の途中に可変容量のポンプ、例えば電動ポンプを設ける。この電動ポンプは内燃機関に冷媒を循環させる上述のポンプとして機能しつつ、その吐出量つまり内燃機関に導入する液相冷媒の流量を加減することで内圧調整の機能をも果たす。

【0015】さらに請求項3の発明のようにコンデンサでの冷媒の凝縮量をファン装置により変化させることで冷却経路の内圧をより的確に制御することができる。すなわち、例えばファン装置によるコンデンサへの冷却風量つまり放熱量を減らしてやるとコンデンサでの凝縮冷媒量がポンプにより内燃機関に送出する液相冷媒の流量に比較して減少するため、内燃機関内の液相冷媒量が増大して冷却経路の内圧は上昇する。この反対に、ファン

装置による放熱量を増やしてやるとコンデンサでの凝縮冷媒量がポンプの吐出流量に対して増大し、これにより内燃機関内の液相冷媒量が減少して冷却経路内の内圧は減少する。

【0016】さらに、圧力調整装置としては、請求項4の発明のように、内燃機関とコンデンサとを過熱器を迂回して連通するバイパス経路と、このバイパス経路の開度を制御する蒸気圧制御弁とを備えたものとすることもできる。この場合、内燃機関からコンデンサへと直接的に冷媒を循環させる量を蒸気圧制御弁により加減することで冷却経路の内圧を速やかに変化させることができる。

【0017】また、上記内圧制御装置は、請求項5の発明のように、機関運転状態として負荷Qと回転数Nとを検出し、これらQとNに応じて予め割り当てた内圧となるように圧力調整装置を制御する構成とすることができる。負荷Qと回転数Nは、それぞれ例えばアクセル開度、クランク角センサの出力で代表させることができる。冷却経路の内圧を制御する基準となるのは上述したように熱効率が最大となるような燃焼室壁の温度条件であり、このような温度条件は機関ごととそのQとNとの関係からほぼ規定することができるので、この関係を予め実験的に求めてテーブル化しておき、実際のQとNとの検出結果から前記テーブルの検索等により目標とする内圧となるように圧力調整装置を制御することで目的を達することができる。

【0018】むろん、請求項6の発明のように、機関運転状態として燃焼室壁温度の代表値を水温センサ等から検出し、該検出結果に応じて予め割り当てた内圧となるように圧力調整装置を制御するようにしてもよい。

【0019】さらに請求項7の発明では、冷却経路とリザーバタンクとの間で冷媒を移動させることにより主として内燃機関のコールドスタート（冷間始動）時の暖機を促進するようにしている。すなわち、この発明では、機関停止状態で機関温度がある基準値以下のときには弁装置を開いて機関冷却経路内の液相冷媒をポンプによりリザーバタンクへと移動させる。これにより冷却経路内の液相冷媒量が減少するので、次回始動時には機関燃焼室やシリンダ壁温度が速やかに上昇して暖機が早期に完了し、これによりコールドスタート条件下でのHC排出量の低減等を図ることができる。始動後に機関温度が基準値を超えればリザーバタンクの冷媒を内燃機関の冷却経路に戻すので、以後は上述した冷却サイクルによる通常の冷却が行われることになる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0021】図1において、1は内燃機関、2と3は各々吸気通路と排気通路、4と5は各々吸気弁と排気弁である。6Aと6Bは各々シリンダブロックとシリンダへ

ッドであり、それぞれシリンダ冷却のためのウォータジャケット7と燃焼室冷却のためのウォータジャケット8を備える。前記ウォータジャケット7、8は後述する各種通路と共に閉ループ状の冷却経路を構成し、その内部には冷媒としてこの場合冷却水を封入してある。前記冷却経路は外部から密閉し、その内部には液相または気相の冷却水のみを満たし、空気は排除してある。

【0022】ウォータジャケット7への流入路9はポンプ13の出口通路14と接続する一方、ウォータジャケット8頂部の排出路12は通路11を経て過熱器16に接続している。ウォータジャケット7または8にて機関燃焼熱を受けて飽和蒸気となった冷却水は前記通路11を経て過熱器16へと送り込まれる。過熱器16は排気通路3の途中に設けられており、前記通路11からの飽和蒸気を排気ガスの熱によりさらに加熱する。

【0023】過熱器16の出口は途中にタービン17を備えた蒸気通路18を経てコンデンサ(復水器)20に接続している。タービン17は過熱器16からの高温高圧の蒸気により回転力を発生し、この回転力は発電等のための補助動力として利用される。タービン17を通過して低温化した蒸気はコンデンサ20にて空気冷却されて凝縮する。21はコンデンサ20に強制冷却風を供給するファン装置であり、後述する制御装置22からの指令により作動が制御される。

【0024】コンデンサ20にて液相となった冷却水は通路19を経てポンプ13に吸引され、再び通路14を経て内燃機関のウォータジャケット7へと供給される。ポンプ13は、この場合制御装置22からの指令に基づいてその吐出量が連続可変的に制御される電動ポンプであり、ファン装置21と共に圧力調整装置として機能する。

【0025】制御装置22は本発明の内圧制御装置として機能するもので、マイクロコンピュータなどから構成し、内燃機関1の運転状態に応じて所期の冷却性能が発揮されるようにポンプ13またはファン装置21を制御する。制御装置22が検出する運転状態としては、機関回転数N、負荷Q、冷却水温度T、燃焼室温度t、冷却経路の内圧Pなどであり、それぞれ図示しない各種センサ類からの信号により検出する。なお燃焼室温度tは機関燃焼室の壁温に相関する温度であり、冷却水温で代表できる場合は冷却水温度信号から判定する。

【0026】次に、上記構成下での冷却経路の内圧制御例を示す。図2はその制御の基本的な流れ、図3は前記基本的制御の過程で実行される内圧制御の内容を示す。この制御ではまずステップ201にて機関が停止したか否かを判定し、機関が運転継続中であればステップ202～204の制御を繰り返し、機関が停止した場合にはステップ205以下の制御に移行する。機関運転中は冷却水温Tを検出し、これが予め定めた基準値T<sub>0</sub>よりも低いときは暖機中と判定して内圧制御は行わず、始動時

の初期状態のまま温度上昇を待ち、 $T \geq T_0$ となつてから初めて内圧制御に移行する。

【0027】内圧制御では、図3に示したようにまず運転状態として機関の回転数N、負荷Q、実内圧Pを検出し、ついで目標内圧P<sub>0</sub>を前記NとQとから設定する(ステップ301、302)。目標内圧P<sub>0</sub>は、例えば図4に示したような特性で目標内圧P<sub>0</sub>を付与するテーブルを予め記憶装置に設定しておき、これをNとQの検出値から検索することで目標内圧P<sub>0</sub>を求めるようにする。前記テーブルは図示したようにNまたはQが増大するほど目標内圧P<sub>0</sub>を低くする特性となっており、これにより負荷または回転数の増大に対して冷媒の沸点を低下させ、燃焼室壁の温度が運転状態の変動にかかわらず許容限界付近に維持されるようにしている。

【0028】冷却経路の内圧を変化させるための具体的な手法として、この制御ではポンプ13(図1参照)の吐出量を可変制御している。すなわち、ステップ303～305に示したように、ポンプ13の吐出量を1回の制御あたりΔPだけ内圧Pが変化するように増減制御して、検出した実内圧Pが上記目標値P<sub>0</sub>付近に維持されるようにフィードバック制御している。これにより冷却経路の内圧は運転状態に応じた目標値付近に維持されて効率の良い運転を行わせることができる。

【0029】冷却経路の内圧を増減するには、さらにファン装置21を駆動してコンデンサ20での冷媒の凝縮量を可変制御するようにしてもよい。コンデンサ20の冷媒凝縮量が一定とすればポンプ13の吐出量を増すほど内圧は上昇し、ポンプ13の吐出量が一定とすればファン装置21による冷却風量を抑えるほど内圧は上昇する。この関係を利用して冷却経路の内圧を自在に制御することができる。特に、負荷が高いときには図5に示したように冷却経路の内圧を大気圧以下の負圧にすることも可能であり、このようにすると冷媒の沸点をさらに低下させて放熱量を著増させられるので、高負荷時においても確実に燃焼室壁温度を許容限界内に維持することができる。

【0030】一方、機関が停止したときには、図2のステップ205～207のループにより冷却水温Tが基準値T<sub>0</sub>未満となるまで内圧制御、この場合ポンプ13による冷媒の循環を継続し、 $T < T_0$ となったところで内圧制御を停止してこの制御を終了する。機関停止直後に冷媒の循環を停止すると余熱で機関が過熱するおそれがあるので、このように水温の低下を待ってから終了するようにしている。

【0031】図6に内圧制御に関する他の実施形態の流れ図を示す。これは機関運転状態として燃焼室壁温度tを検出し(ステップ601)、燃焼室壁温度tが予め定めた許容限界値に相当する基準値t<sub>0</sub>付近に維持されるように上記と同様にポンプ13またはファン装置21を駆動して内圧Pを変化させる(ステップ602～60

4)。この場合、燃焼室壁温度 $t$ が制御の目標となるので、機関の回転数や負荷によらず、常に一定の燃焼室壁温度に制御することができる。

【0032】図7に本発明の他の実施形態を示す。図1と同一の部分には同一の符号を付して示してある。この実施形態では、冷却経路の圧力調整装置として、ウォータージャケット8とコンデンサ20とを直結するバイパス通路23とその開度を制御装置22からの指令に基づいて増減する蒸気圧制御弁24とを設け、前記蒸気圧制御弁24の開度に応じて、内燃機関1からの冷媒蒸気を過熱器16およびタービン17を通さずに直接にコンデンサ20へと戻す量を調整することで内圧を変化させるようにしている。内圧制御の手法については、制御装置(22)による直接の制御の対象がポンプ13やファン装置21ではなく蒸気圧制御弁24であるという点を除いては図3または図6と同様である。

【0033】さらに、この実施形態ではコールドスタート時の暖機促進を図るために冷却経路内の冷媒を外部に設けたリザーバタンク25に移動させる構成を備えている。図7または図10、11において、26はウォータージャケット7とリザーバタンク25との間で冷媒を移動させるための電動ポンプ、27は冷媒移動完了後に冷却経路を締め切るための電磁弁(弁装置)であり、それぞれ図示しない制御装置からの指令に基づいてその作動が制御される。また、28は冷媒をウォータージャケット7に戻すときの液量を判定するための液面センサ、29は燃焼室壁の温度を検出する燃焼室温度センサである。

【0034】図8及び図9は上記冷媒移動制御の流れ図である。図8は機関停止時に冷媒を冷却経路内からリザーバタンク25へと移動させる制御、図9は機関始動後に冷媒をリザーバタンク25から冷却経路内へと戻す制御である。

【0035】まず機関停止時の制御について説明すると、この制御はエンジンキースイッチのOFF操作等により機関停止条件が検出されたときに開始され、その当初に燃焼室温度 $t$ を検出し、これが予め定めた基準値 $t_1$ よりも低下するのを待つ(ステップ801、802)。燃焼室温度 $t$ が基準値 $t_1$ よりも低下した場合には冷却経路内からリザーバタンク25への冷媒の移動を開始する(ステップ803)。すなわち、電磁弁26を開き、電動ポンプ26を駆動してウォータージャケット7、8内の液相冷媒を強制的にリザーバタンク25へと移動させる(図11参照)。このときの冷媒移動量は電動ポンプ26の駆動時間あるいは図示しない液面センサによりウォータージャケット7内の液位を測定することで制御する。リザーバタンク25への冷媒の移動を完了したら電動ポンプ26を停止すると共に電磁弁27を閉じる。このようにして液相の冷媒をリザーバタンク25へと移動させた後は内燃機関1のウォータージャケット7、8内の空間部は次に始動されるまで気相の冷媒で満たさ

れた状態に維持される。

【0036】次に機関始動時の制御について説明する。この場合、図9に示したように燃焼室温度 $t$ を検出し、これが第2の基準値 $t_2$ 以上に上昇するのを待つ(ステップ901、902)。始動の当初は上述したようにウォータージャケット7、8内から液相冷媒が排出された状態にあるので、コールドスタート時であっても内燃機関1のシリンダ壁や燃焼室壁の温度は速やかに上昇する。ついで、燃焼室温度 $t$ が基準値 $t_2$ 以上となったときにはリザーバタンク25からウォータージャケット7、8へと液相冷媒の移動を開始する。これは電磁弁27を開くと共に電動ポンプ26を図8の制御の時とは逆方向に作動させることで行う。この移動制御においてウォータージャケット7内の液相冷媒の量が液面センサ28で検出される液位に達したところで電動ポンプ26を停止させ、電磁弁27を閉ざして冷媒の移動を完了する(図11参照)。以後の冷却装置としての作動は図2等に示したのと同様である。このような冷媒の移動制御により、コールドスタート時の暖機促進効果に加えて、低温時に発生しがちな未燃HCの量を効果的に低減して排気エミッション性能を改善することができる。

【0037】なお、機関停止時にリザーバタンク25へと液相冷媒を移動させた後、温度低下に伴い気相冷媒が凝縮して冷却経路内が真空化し、外部から空気を吸い込むおそれがある。空気が侵入すると次回始動後の冷媒の移動や冷却性能に悪影響が及ぶ。そこで、図7に示したように真空ポンプ30を設け、機関始動後に冷却経路内の空気を排除しつつ冷媒をウォータージャケット7、8へと戻すようにするとよい。あるいは、機関停止後のリザーバタンク25への冷媒移動時に冷却経路内に空気を導入して大気圧とし、次回始動後の冷媒戻し時に真空ポンプ30により空気を排除するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の構成図。

【図2】上記実施形態の制御内容を示す第1の流れ図。

【図3】同じく第2の流れ図。

【図4】上記実施形態での冷却経路の内圧制御特性を示す第1の特性線図。

【図5】同じく第2の特性線図。

【図6】本発明の内圧制御に関する他の実施形態の制御内容を示す流れ図。

【図7】本発明の第2の実施形態の構成図。

【図8】上記第2の実施形態の制御内容を示す第1の流れ図。

【図9】同じく第2の流れ図。

【図10】上記第2の実施形態の機関停止後の状態を示す内燃機関の概略断面図。

【図11】同じく機関始動後の状態を示す内燃機関の概略断面図。

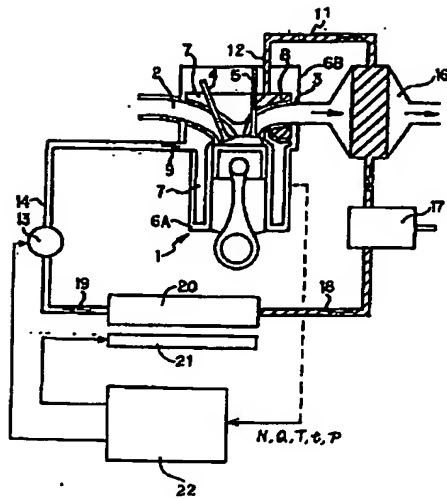
【符号の説明】

- 9
- 1 内燃機関
  - 2 吸気通路
  - 3 排気通路
  - 6A シリンダブロック
  - 6B シリンダヘッド
  - 7 ウォータジャケット
  - 8 ウォータジャケット
  - 13 ポンプ
  - 16 過熱器
  - 17 タービン

- \* 20 コンデンサ
- 21 ファン装置
- 22 制御装置
- 23 バイパス通路
- 24 蒸気圧制御弁
- 25 リザーバタンク
- 26 電動ポンプ
- 27 電磁弁
- 28 液面センサ

\*10

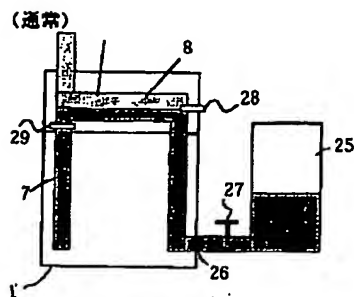
【図1】



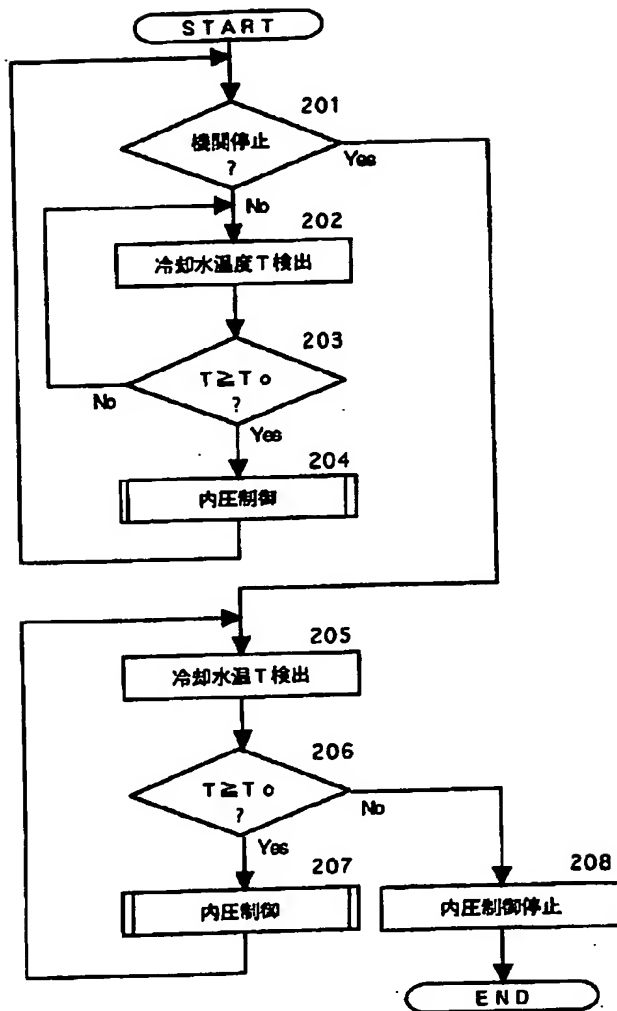
【図5】



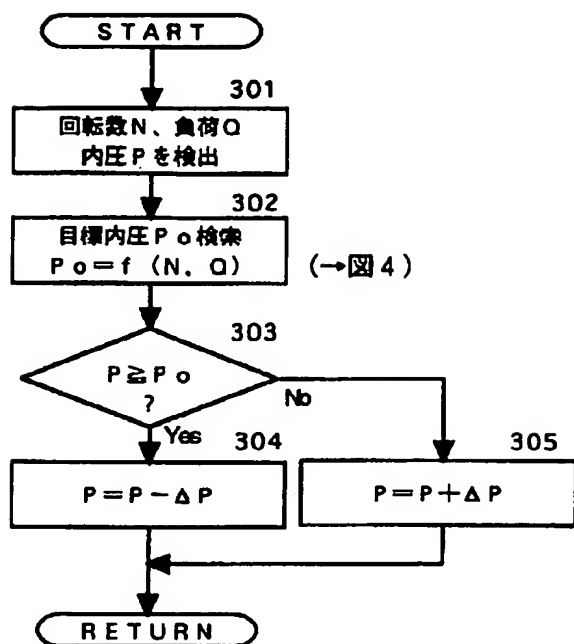
【図10】



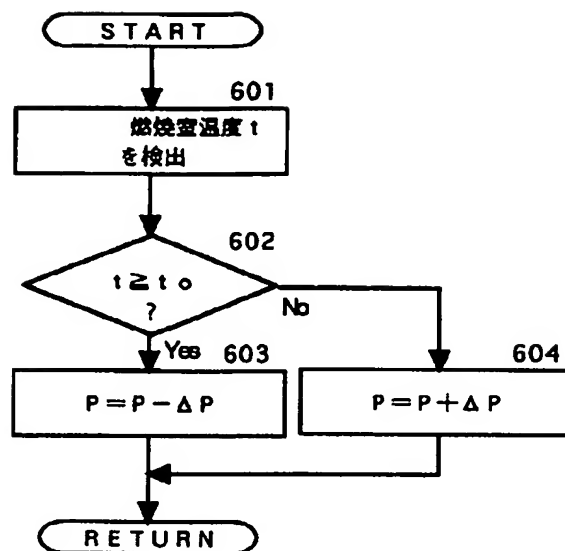
【図2】



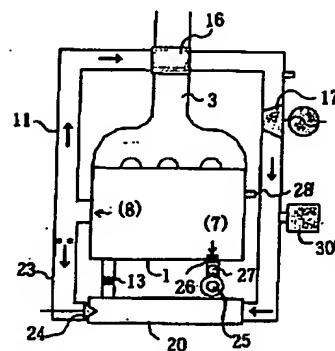
【図3】



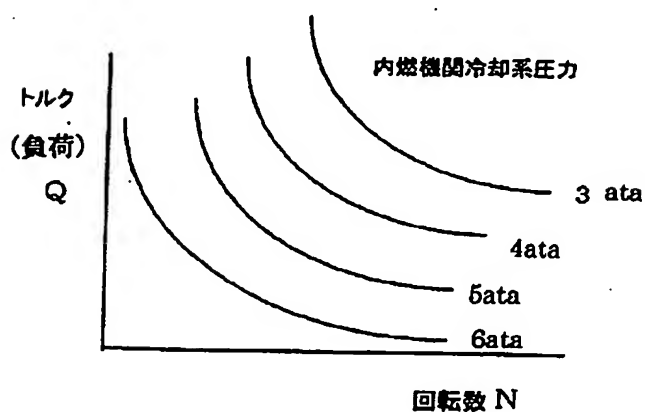
【図6】



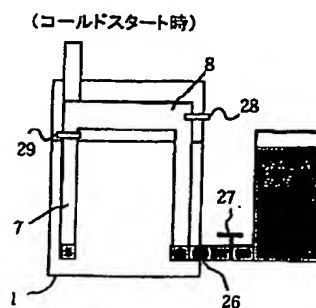
【図7】



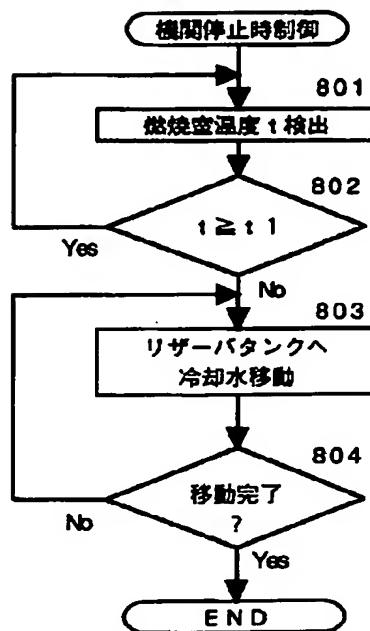
【図4】



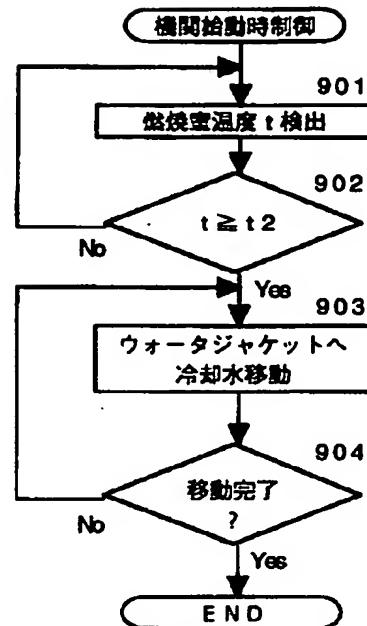
【図11】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

識別記号

FI

テーマワード (参考)

F01P 7/14

F01P 7/14

E

F02G 5/04

F02G 5/04

G

BEST AVAILABLE COPY